

Le canal dentaire et le nerf alvéolodentaire

Aspects microscopiques

Daniel Chappard

Le nerf alvéolaire inférieur passe dans le canal mandibulaire accompagné de vaisseaux. La paroi osseuse de ce canal apparaît macroscopiquement lisse et évoque une structure corticale. Cependant, une analyse en microtomographie aux rayons X (« microscanner ») montre que la paroi canalaire est en fait composée d'un assemblage de travées osseuses de l'os alvéolaire prenant la forme de plaques. Celles-ci sont perforées, laissant passer des micro-vasseaux. La microarchitecture sous forme de plaques est évidente chez les sujets édentés où la raréfaction de l'os alvéolaire permet de bien voir cette constitution. Les plaques deviennent plus épaisses à l'embouchure du canal, au foramen mentonnier. Cet aspect est retrouvé aussi chez l'animal de laboratoire (souris, rat, lapin). L'os du canal mandibulaire est soumis au remodelage osseux et il est sensible aux agents affectant les activités cellulaires osseuses (carence hormonale, corticothérapie). À l'intérieur du canal, le nerf chemine entouré d'une gaine conjonctive (épinèvre) plaquée directement contre la paroi canalaire. L'épinèvre enserme les différents faisceaux (bordés de périnèvre) mais certains faisceaux peuvent avoir un trajet libre, en dehors de l'épinèvre. L'histologie du canal et du nerf permettent de comprendre les modifications qui peuvent découler de traitements chirurgicaux dans cette région.

Introduction

Le nerf lingual et le nerf alvéolaire inférieur (NAI) sont les deux rameaux terminaux du nerf trijumeau. Le NAI, accompagné de l'artère alvéolaire inférieure, s'engage alors dans le canal mandibulaire en passant par le foramen mandibulaire situé à hauteur de l'épine de Spix. Le NAI parcourt alors le canal mandibulaire avec un trajet variable de ce canal. Sa direction a pu être analysée sur des coupes tomographiques¹. Dans son trajet intracanalair, il donne les rameaux sensitifs alvéolaires et gingivaux inférieurs. La branche émergente du NAI par le foramen mentonnier constitue le nerf mentonnier. Cependant, l'édentation peut modifier son apparence de même que l'émergence du foramen mentonnier qui peut

passer d'une situation latérale sur la corticale vestibulaire à une position crestale en cas d'édentation². Pour une description anatomique précise voir l'article de P. Mercier *et coll.* page 5.

Les parois du canal mandibulaire

Le canal mandibulaire apparaît sur les radiographies comme une structure tubulaire. Cet aspect a pu être considéré comme étant limité par une corticale osseuse. En fait la microarchitecture de la paroi canalaire a été décrite depuis longtemps comme un tube d'os trabéculaire dense, fenêtré et affectant la même microarchitecture que la lame cribiforme qui entoure les alvéoles dentaires. Il ne peut s'agir d'une structure

corticale en l'absence de périoste et d'insertions musculaires. Cet aspect de paroi fenêtrée est particulièrement bien mis en évidence en étudiant des mandibules en microtomographie aux rayons X (microCT) et en microscopie.

La microCT est une technique d'imagerie fondée sur l'absorption des rayons X par la matière. Elle est la transposition à la microscopie de la tomographie computerisée utilisée en clinique. Elle permet de réaliser des coupes 2D des objets ou organes radio-opaques et d'en obtenir une reconstruction sous forme de modèles 3D facilement manipulables informatiquement. En microCT, les structures non calcifiées (périoste, nerf, moelle) sont radiotransparentes et donc non visibles. Les logiciels ont été développés pour obtenir aussi des valeurs quantitatives (voir http://www.gerom-angers.fr/page_microCT.htm). Pour cette revue, nous avons utilisé des branches horizontales de maxillaires de huit sujets édentés ou partiellement édentés ayant fait don de leur corps à la science (laboratoire d'anatomie à Angers). Nous avons aussi analysé le canal mandibulaire dans une série d'hémimandibules de rats de laboratoire (Wistar), de souris (Swiss – Webster) et de

lapin (néo-zélandais). Pour ces analyses, les os ont été placés dans le microtomographe et étudiés en utilisant un filtrage des rayons X par une plaque d'aluminium de 0,5 mm d'épaisseur. Les modèles 3D sont obtenus par un logiciel de rendu de volume. Les échantillons humains ont ensuite été déshydratés et inclus en poly(méthyl méthacrylate) et les blocs ont été tranchés à la scie diamantée en sections épaisses qui ont été colorées en surface au bleu de toluidine.

Le canal mandibulaire chez l'homme en microCT

Le canal mandibulaire est facilement observable chez l'homme et la possibilité de recoupe des modèles 3D permet de bien analyser son trajet, sa position et la microarchitecture de sa paroi. Sur les coupes frontales de la mandibule, on retrouve un aspect, le plus souvent arrondi et sa position au tiers inférieur de la mandibule, dans l'os alvéolaire **Fig. 1a**. La paroi apparaît, surtout sur les coupes longitudinales réalisées dans l'axe du canal, avec des perforations **Fig. 1b et c**. Elle est composée de

travées sous forme de plaques, connectées par des piliers au reste de l'os alvéolaire. La paroi est une structure fine, de l'épaisseur d'une travée d'os alvéolaire (environ 100-120 μm). Cet aspect est voisin, comme cela a été décrit, de la lame cribreuse entourant les racines dentaires et sur laquelle s'insère le parodonte. Le foramen mentonnier est bien visible sur la face vestibulaire et l'angulation du canal pour arriver à son aboutissement est facilement repérable. À cet endroit, la paroi canalaire semble plus marquée mais elle est toujours constituée d'une lame fenêtrée dont la porosité diminue régulièrement au fur et à mesure que l'on s'approche du foramen **Fig. 2**. Il existe une zone transitionnelle avec perte de l'individualité corticotrabéculaire, d'autant que l'os cortical vestibulaire peut présenter une porosité élevée dans cette région. Cet aspect de paroi lisse, mais fenêtrée est observable sur toute la longueur du canal jusqu'au foramen mentonnier où l'épaisseur de la paroi se renforce tout en conservant des perforations. Chez les sujets édentés, on objective nettement une réduction du volume de l'os alvéolaire **Fig. 3a et b** et parfois une nette réduction de l'épaisseur des corticales.

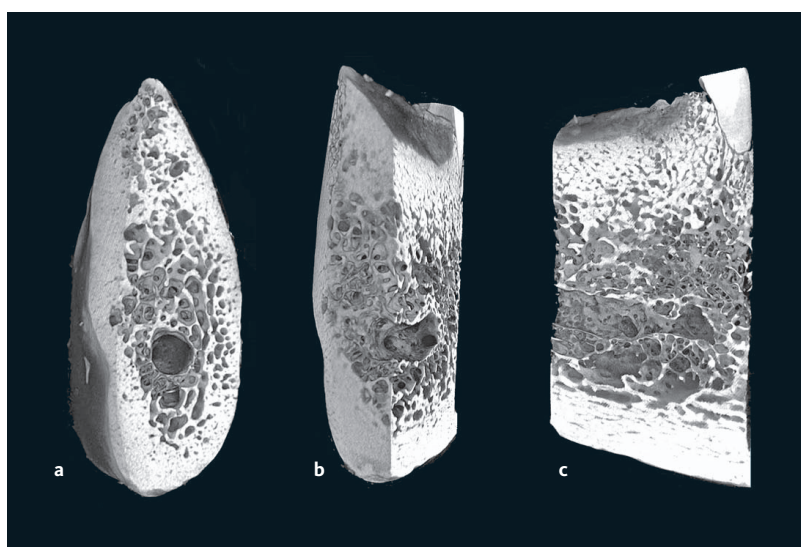


Fig. 1 MicroCT d'une mandibule humaine mettant en évidence le canal dentaire.

- a.** Après une coupe frontale, on visualise nettement la crête, les tables corticales linguales, basales et vestibulaires composées d'os cortical dense. Au centre, le réseau des travées osseuses constitue l'os alvéolaire dans lequel chemine le canal dentaire.
- b.** Après une coupe sagittale passant par la moitié de l'épaisseur du canal, on visualise l'aspect de la paroi lisse et très perforée de celui-ci.
- c.** Coupe sagittale montrant l'os dense de la crête (partie d'une racine dentaire en haut) et de la corticale basale avec, au centre de l'os alvéolaire, le canal dentaire avec sa paroi perforée formée par des travées de l'os alvéolaire voisin.

L'épaisseur du canal devient parfois beaucoup plus fine et très largement discontinue par endroits **Fig. 3b**. Dans certains cas, lorsqu'il existe une perte massive de hauteur de la mandibule en raison de l'édentation, le canal dentaire se rapproche de la corticale supérieure qui est nettement amincie **Fig. 3c**. À proximité du foramen mentonnier, l'aspect de la paroi canalaire apparaît moins dense, avec de nombreuses perforations dans la zone de passage transcortical **Fig. 3d**.

Le canal mandibulaire chez l'animal de laboratoire, en microCT

L'aspect du canal dentaire et de l'os alvéolaire sont importants à connaître chez les rongeurs. Chez les rongeurs, la paroi du canal dentaire est aussi constituée d'os trabéculaire fenêtré faisant un manchon autour du nerf. Seul le chat posséderait

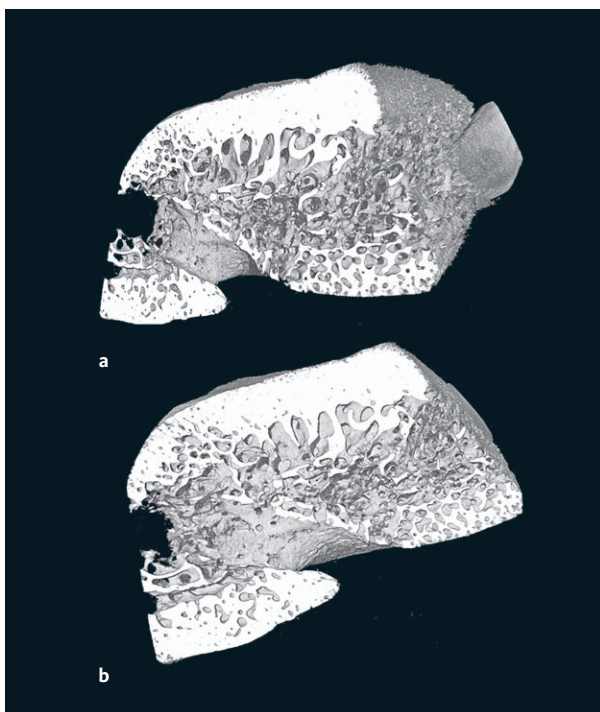


Fig. 2 Aspect en microCT de l'émergence du canal dentaire ou foramen mentonnier.

- a. Coupe horizontale emportant la corticale basale et montrant la paroi supérieure du canal.
- b. Coupe horizontale emportant la dent et une large partie de la crête et montrant la paroi inférieure du canal. L'aspect de la paroi canalaire est identique et montre, dans cette région, qu'elle reste constituée de travées plus denses de l'os alvéolaire qui sont fenêtrées.

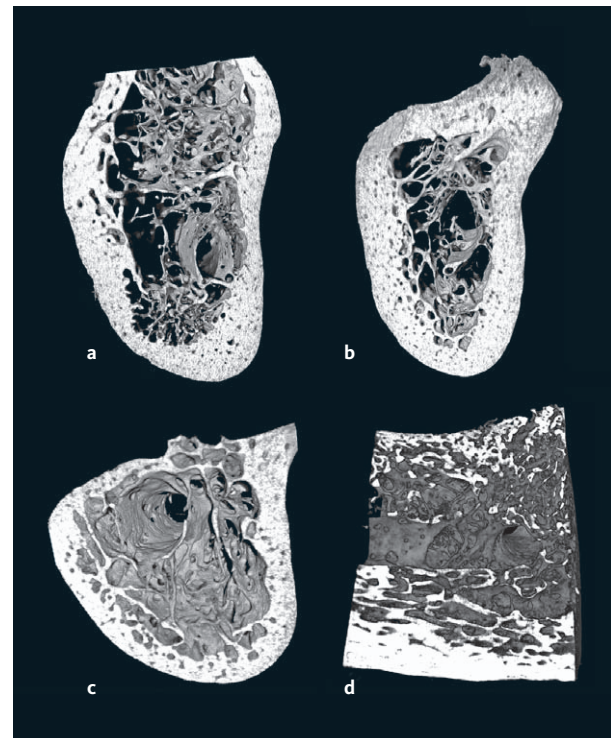


Fig. 3 Aspects en microCT du canal dentaire chez des sujets édentés.

- a. Coupe frontale montrant une réduction du volume d'os alvéolaire avec des travées fines. La paroi du canal reste bien visible.
- b. Importante réduction du volume d'os alvéolaire, la paroi du canal est clairement discontinue sur cette coupe frontale.
- c. Sujet avec atrophie nette de la crête mandibulaire bien visible sur cette coupe frontale, le canal alvéolaire se rapproche de la corticale supérieure.
- d. Coupe sagittale montrant l'émergence du canal alvéolaire dont la paroi est nettement discontinue et amincie.

un canal dentaire composé d'os cortical⁴. On a, en effet, pu montrer que l'os alvéolaire était sensible aux mêmes stimuli hormonaux que l'os trabéculaire des os longs même si, dans les études humaines, les relations sont difficiles à mettre en évidence en raison des facteurs locaux^{5,7}. Chez l'animal, la maladie parodontale n'est pas observée, et ces modèles animaux permettent de montrer l'influence directe des carences œstrogéniques⁸ et androgéniques sur l'os alvéolaire⁹. De la même façon, il est possible de montrer les effets délétères de traitements qui réduisent la masse osseuse trabéculaire comme les glucocorticoïdes¹⁰ ou la toxine botulinique¹¹. Chez le rongeur, il n'existe qu'une incisive par hémimandibule, cette dent est en croissance continue toute la vie. Sa racine démarre

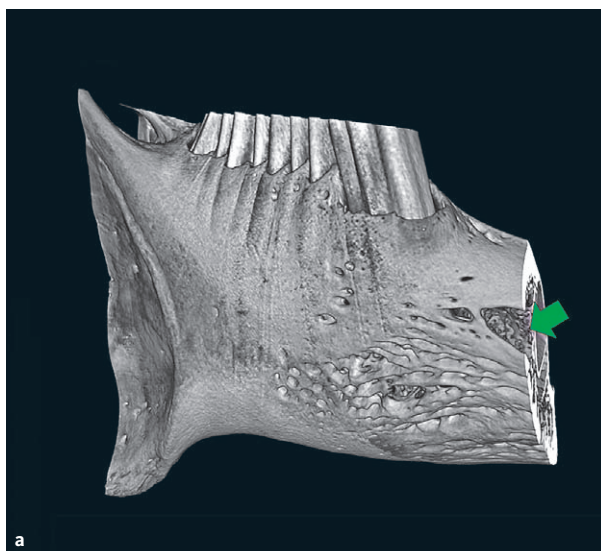
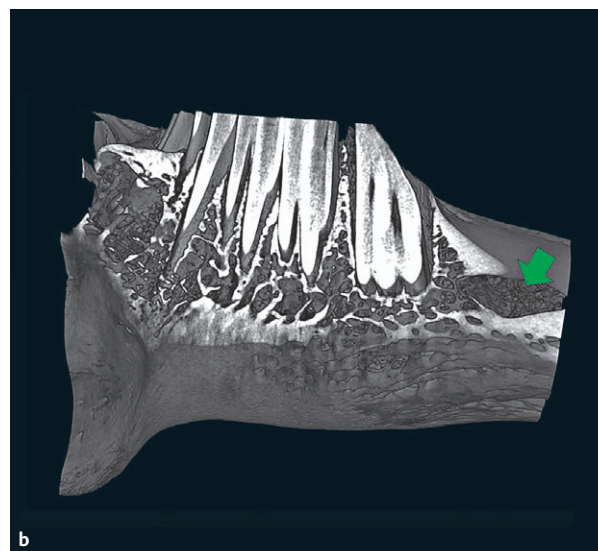


Fig. 4 Aspects en microCT du canal dentaire chez le lapin.

a. La corticale vestibulaire est fine et largement fenêtrée. On visualise le foramen mentonnier sur la face vestibulaire, en avant de la première prémolaire (flèche).



b. Après la coupe sagittale, on visualise les racines dentaires des molaires et prémolaires et l'extrémité du canal dentaire juste avant son émergence (flèche).

sous la troisième molaire chez la souris et le rat, et en avant de la première prémolaire chez le lapin¹². Elle a un long trajet en lame de sabre dans la mandibule et chemine sous le canal dentaire jusqu'à son émergence antérieure. Il n'existe pas de canine chez le rongeur, et un diastème sépare l'incisive des molaires. Chez la souris, la troisième molaire est de petite taille et ses racines sont moins marquées. Chez le rat, la troisième molaire est bien individualisée et chez le lapin, il existe deux prémolaires et trois molaires sur la mandibule. Chez le rat et la souris, le foramen mentonnier se situe en général à la hauteur de la première molaire, mais, chez le lapin, son trajet est très difficile à retrouver, sauf à son émergence **Fig. 4**¹³ en raison de la dentition complexe des lagomorphes (dentition élodonte et hypsodonte)¹⁴.

Chez la souris et le rat, le canal dentaire est bien visible dans l'os alvéolaire ; en microCT, il apparaît de forme arrondie à la coupe et sa paroi est composée de travées d'os alvéolaire qui sont fenêtrées **Fig. 5a et b**. Quelques travées sont parfois observées entre le canal et l'alvéole de l'incisive. Chez la souris, l'os alvéolaire est en quantité très réduite dans la zone des racines des molaires. Le canal est toujours bien visible avec une forme arrondie ou ovale et il apparaît limité par les travées qui constituent la totalité de l'os alvéolaire et bordent l'alvéole de l'incisive **Fig. 5c et d**.

En cas de perte osseuse due aux traitements prolongés par glucocorticoïdes, ces quelques travées s'amincissent et se perforent, donnant de grandes zones communicantes entre l'alvéole et le canal dentaire **Fig. 5e**¹⁰. Cet aspect reproduit les lésions observées en cas d'atrophie de l'os alvéolaire chez l'édenté.

Aspect histologique du canal dentaire et du NAI chez l'homme

Le NAI chemine dans le canal alvéolaire entouré d'une gaine de tissu conjonctif, l'épénèvre **Fig. 6a et b**^{15,16}. Le NAI est composé d'un nombre très variable de faisceaux qui sont arrondis à la coupe. Dans cette gaine conjonctive, cheminent aussi les branches artérielles, veineuses et lymphatiques.

Il est fréquent de noter la présence de petits faisceaux qui ne sont pas encapsulés dans la gaine épénévrale et peuvent se placer directement contre la paroi canalaire **Fig. 6b et 8c à d**. Parfois, certains faisceaux sont totalement séparés des autres et peuvent cheminer dans des anfractuosités de la paroi canalaire, entourés par un manchon osseux propre, discontinu, formé de travées osseuses au voisinage du trajet principal du canal.

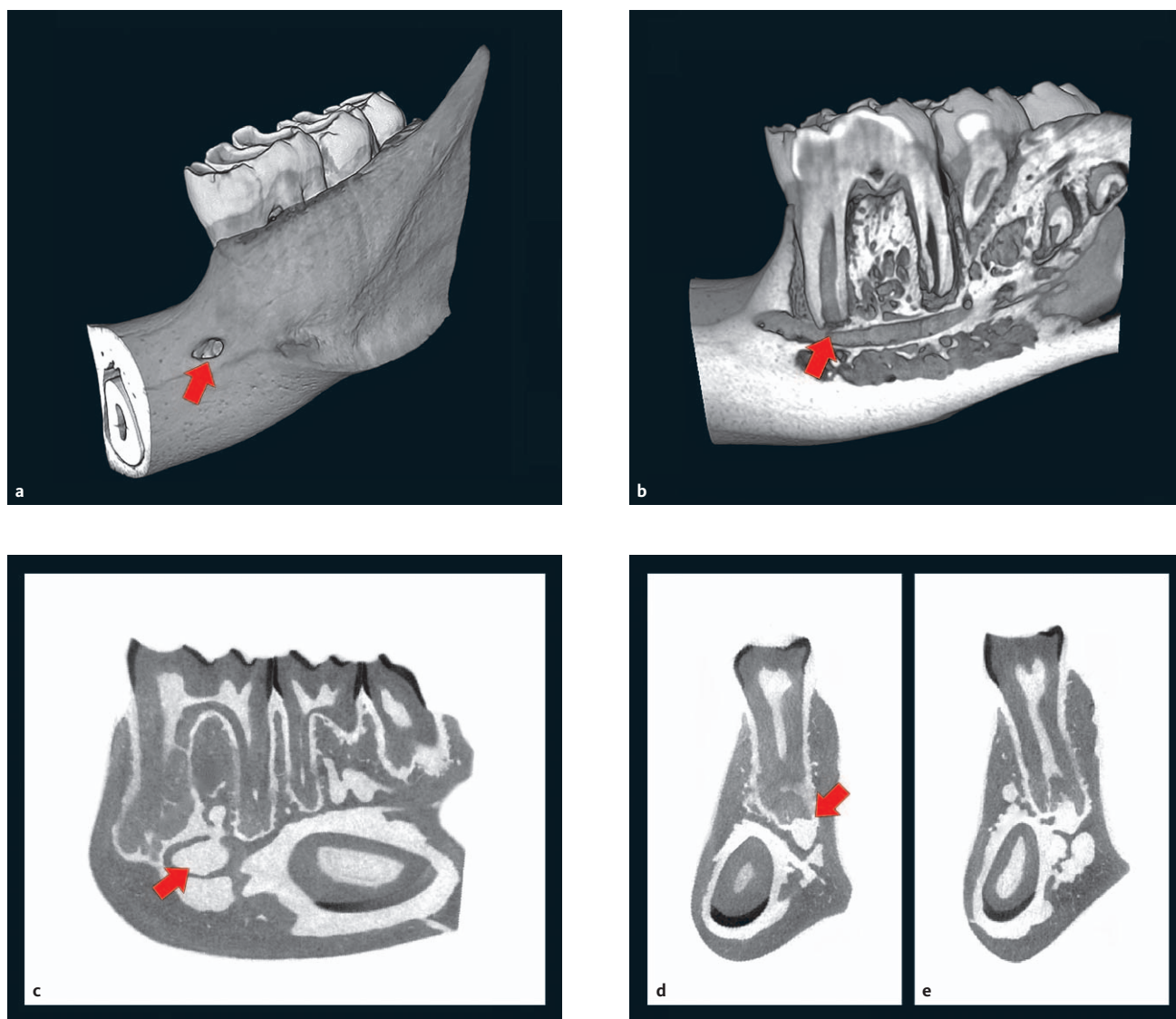


Fig. 5 Aspects en microCT du canal dentaire chez le rat et la souris.

- a. Vue de la mandibule de rat montrant les trois molaires et la racine de l'incisive sur la tranche de section frontale. Le foramen mentonnier est bien visible sur la face vestibulaire, en avant de la première molaire (flèche).
- b. Coupe sagittale exposant le canal dentaire dont la paroi linguale est visible en profondeur et comporte des perforations (flèche). Le canal est situé au-dessus du fourreau alvéolaire de l'incisive.
- c. Coupe oblique 2D de la région molaire chez la souris, la première molaire est la plus développée (à gauche). Le canal dentaire (flèche) est visible à côté du fourreau alvéolaire de l'incisive.
- d. Coupe frontale 2D d'une mandibule de souris passant par la première molaire. Le canal dentaire est entouré par une fine couche d'os alvéolaire (flèche) bordant aussi le fourreau alvéolaire de l'incisive.
- e. Coupe frontale 2D d'une mandibule de souris présentant une perte osseuse due à une corticothérapie prolongée. Notez la réduction des parois du canal dentaire et la survenue de larges perforations.

Chaque faisceau nerveux arrondi est entouré par un manchon de tissu conjonctif un peu plus dense que l'épinèvre et qui constitue le périnèvre **Fig. 6c et d**. À plus fort grossissement, on visualise nettement les axones et le très fin réseau de fibres de collagène qui entoure chaque axone et constitue l'endonèvre **Fig. 6d**. Toutes ces différentes structures nerveuses,

conjonctives et vasculaires, se retrouvent lors de l'émergence du NAI au foramen mentonnier, puis dans le nerf mentonnier **Fig. 7**.

La paroi du canal dentaire étant constituée d'os lamellaire de type trabéculaire, on retrouve les caractéristiques des différents types de surfaces osseuses : zones érodées (lacunes de

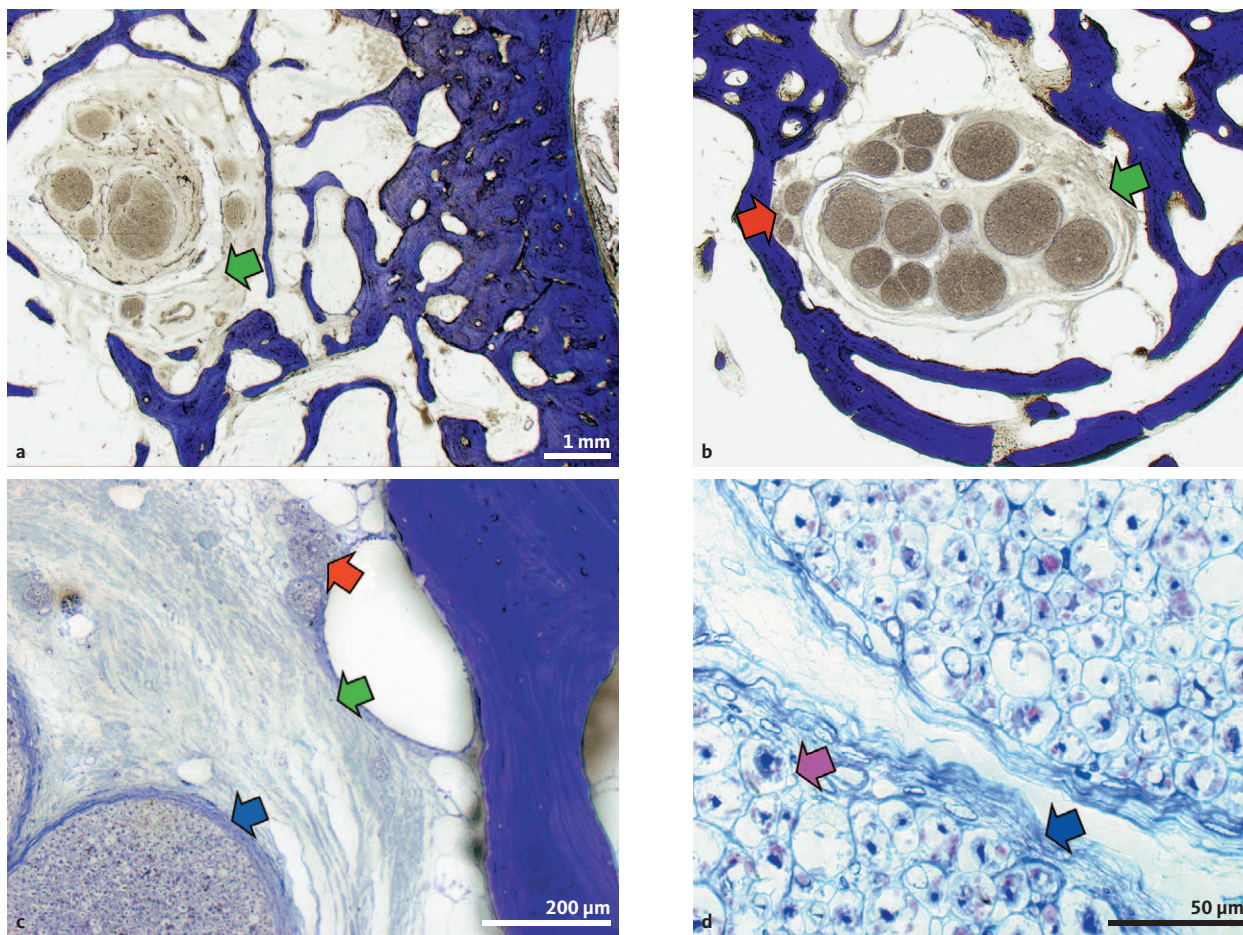


Fig. 6 Aspects histologiques du canal dentaire et du NAI chez l'homme.

- a. Coupe frontale du maxillaire montrant le NAI dans le canal dentaire. Les parois du canal sont composées de travées fines et fenêtrées en continuité avec l'os alvéolaire de voisinage. Le nerf apparaît sous forme de nombreux faisceaux arrondis coupés transversalement et entourés par une gaine conjonctive (épinèvre). La flèche verte montre l'épinèvre qui contient aussi la vascularisation artérielle, veineuse et lymphatique.
- b. Autre aspect montrant la paroi du canal, et le NAI composé de différents faisceaux contenus dans l'épinèvre (flèche verte). Notez que certains petits faisceaux sont contenus en dehors de cette gaine, plaqués directement contre la paroi canalaire (flèche rouge).
- c. À plus fort grossissement, on reconnaît un large faisceau entouré par le périnèvre (flèche bleue), la flèche verte identifie l'épinèvre et la flèche rouge les petits faisceaux nerveux situés en dehors de l'épinèvre.
- d. Fort grossissement montrant deux faisceaux nerveux du NAI entourés par le périnèvre (flèche bleue). Les axones sont bien visibles sous forme de petites sections rondes bleu foncé, la gaine de myéline étant dissoute par les techniques histologiques, elle apparaît comme un espace clair entourant les axones. Ceci permet de bien visualiser l'endonèvre (flèche rose) qui entoure chaque axone. Coloration au bleu de toluidine, coupes de mandibules humaines non décalcifiées.

Howship) **Fig. 8a**, surfaces quiescentes ou en cours de formation de nouvelles unités de structure **Fig. 8b**. Les cellules qui assurent le remodelage de la paroi canalaire ne présentent pas de particularités morphologiques : on retrouve des ostéoclastes **Fig. 8c**, des bordures d'ostéoblastes actifs **Fig. 8e** alors que la plupart des surfaces sont quiescentes et tapissées de

cellules bordantes **Fig. 8d**. Il faut noter parfois la grande proximité entre les cellules osseuses de la paroi et les faisceaux de fibres nerveuses **Fig. 8c à e**.

En conclusion, le NAI chemine dans un canal fait par la disposition particulière de travées d'os alvéolaire et non par un fourreau d'os cortical. Il est entouré, comme classiquement,

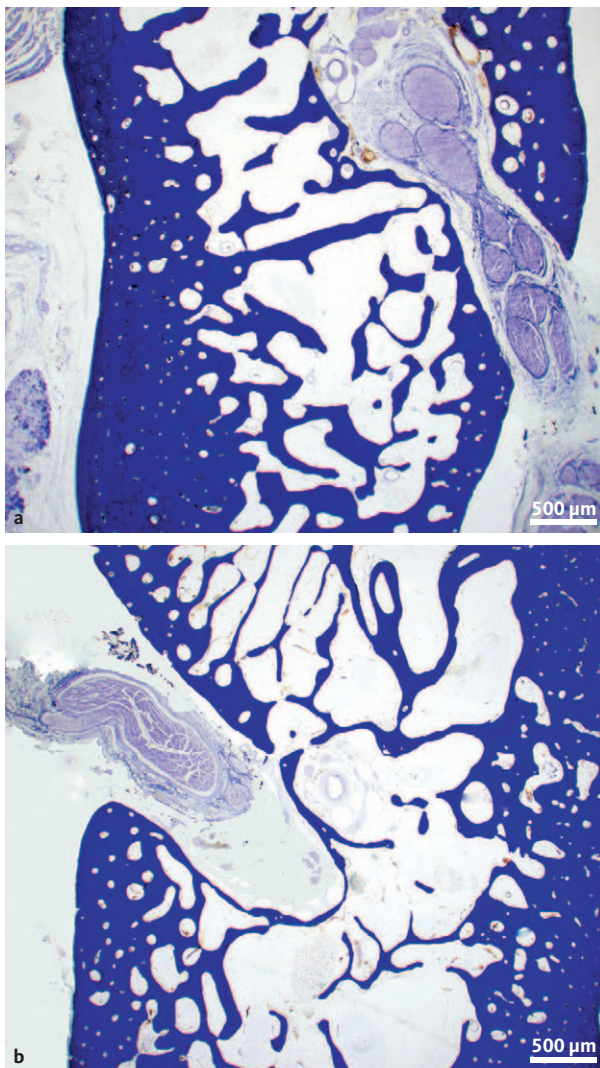


Fig. 7 Aspects histologiques de l'émergence du NAI au foramen mentonnier chez l'homme.

- a. Notez la constitution du canal dont la paroi s'épaissit lors du passage de la corticale vestibulaire. Les faisceaux du NAI sont entourés par l'épinièvre qui contient aussi la vascularisation.
- b. Autre aspect de l'émergence du NAI au foramen mentonnier. Coloration au bleu de toluidine, coupes de mandibules humaines non décalcifiées.

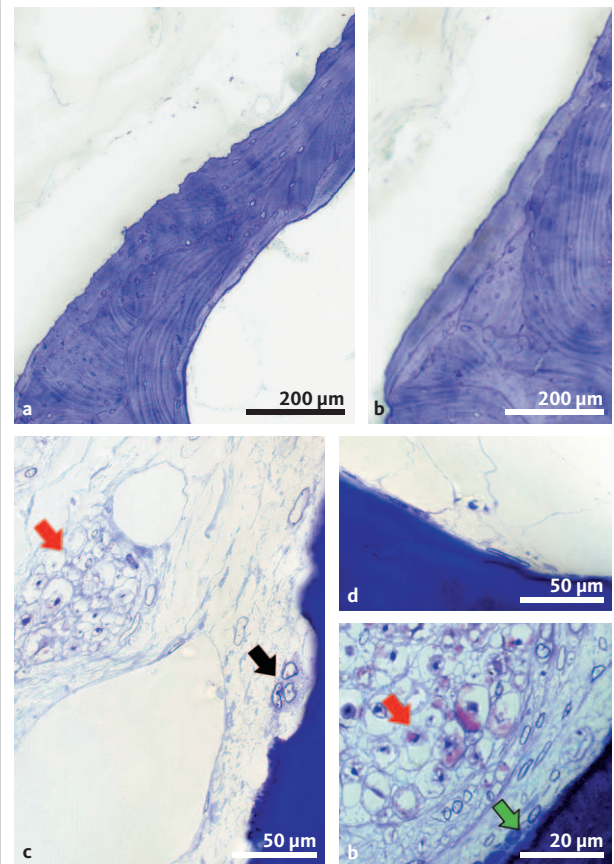


Fig. 8 Aspects histologiques de la paroi du canal dentaire chez l'homme.

- a. Certaines zones présentent un aspect crénelé correspondant à la présence de surfaces érodées.
- b. D'autres surfaces sont lisses et témoignent de l'apposition d'os néoformé, ici une nouvelle unité de structure osseuse.
- c. Un ostéoclaste plurinucléé érode la paroi du canal (flèche noire). Notez la présence d'un petit faisceau nerveux dans le tissu conjonctif voisin (flèche rouge).
- d. Présence de cellules bordantes sur les surfaces quiescentes du canal.
- e. Présence de bordures d'ostéoblastes actifs (flèche verte) apposant de l'os sur la paroi canalaire. On retrouve un petit faisceau nerveux dans l'environnement immédiat (flèche rouge). Coloration au bleu de toluidine, coupes de mandibules humaines non décalcifiées.

par les différentes gaines conjonctives, et l'épinièvre est apposé directement contre les parois osseuses canalaires. Celles-ci font l'objet d'un remodelage adaptatif. La paroi du canal est susceptible d'être remaniée, et une perte d'os se traduit par l'apparition de larges pores fenêtrés et d'un amincissement des travées osseuses qui le constituent. La perte osseuse des parois canalaires peut être évaluée dans des modèles animaux.

Remerciements

Merci à Mme Laurence Técher pour l'aide au secrétariat, Florence Pascaretti pour l'histotechnologie et Mme Nadine Gaborit pour la microtomographie X. Les spécimens ont été aimablement fournis par le Pr P. Mercier, J. Chalopin et J.-L. Bourrigault, laboratoire d'anatomie, faculté de médecine d'Angers. ■

BIBLIOGRAPHIE

1. Drikes S, Delcampe P, Sabin P, Lavis J-F, Cordier G, Vacher C, Péron J-M. Étude tomodensitométrique du trajet intra-mandibulaire du nerf alvéolaire inférieur. *Rev Stomatol Chir Maxillo-Fac*, 2008;109:358-362.
2. Von Arx T, Friedli M, Sendi P, Lozanoff S, Bornstein MM. Location and dimensions of the mental foramen: a radiographic analysis by using cone-beam computed tomography. *J Endod*, 2013;39:1522-1528.
3. Kieser JA, Paulin M, Law B. Intrabony course of the inferior alveolar nerve in the edentulous mandible. *Clin Anat*, 2004;17:107-111.
4. Starkie C, Stewart D. The intra-mandibular course of the inferior dental nerve. *J Anat*, 193 1;65:319-323.
5. Bodic F. Relations entre perte osseuse et dents : ostéoporose et implantologie. In: Guillaume B, Audran M, Chappard D, editors. *Tissu osseux et biomatériaux en chirurgie dentaire*. Quintessence International, Paris, 2014; p. 173-184.
6. Bodic F, Hamel L, Lerouxel E, Baslé MF, Chappard D. Bone loss and teeth. *Joint Bone Spine*, 2005;72:215-221.
7. Bodic F, Amourig Y, Gayet-Delacroix M, Maugars Y, Hamel L, Baslé MF, Chappard D. Relationships between bone mass and micro-architecture at the mandible and iliac bone in edentulous subjects: a dual X-ray absorptiometry, computerised tomography and microcomputed tomography study. *Gerodontology*, 2012;29:e585-e594.
8. Ishihara A, Sasaki T, Debari K, Furuya R, Kawawa T, Ramamurthy NS, Golub LM. Effects of ovariectomy on bone morphology in maxillae of mature rats. *J Electron Microscop*, 1999;48:465-469.
9. Lerouxel E, Libouban H, Moreau MF, Baslé MF, Audran M, Chappard D. Mandibular bone loss in an animal model of male osteoporosis (orchidectomized rat): a radiographic and densitometric study. *Osteoporos Int*, 2004;15:814-819.
10. Bouvard B, Gallois Y, Legrand E, Baslé M.F, Audran M, Chappard D. Glucocorticoids reduce alveolar bone at the mandible in mice. *Joint Bone Spine*, 2012;80:77-81.
11. Kün-Darbois JD, Libouban H, Chappard D. Botulinum toxin in masticatory muscles of the adult rat induces bone loss at the condyle and alveolar regions of the mandible associated with a bone proliferation at a muscle enthesis. *Bone*, 2015;77:75-82.
12. Khajehahmadi S, Rahpeyma A, Bidar M, Jafarzadeh H. Vitality of intact teeth anterior to the mental foramen after inferior alveolar nerve repositioning: nerve transpositioning versus nerve lateralization. *Int J Oral Maxillofac Surg*, 2013;42:1073-1078.
13. Yoshimoto M, König BJ, Coelho PG, Allegrini SJ, Luiz FF. A light and scanning electron microscopy study of bone healing following inferior alveolar nerve lateralization: an experimental study in rabbits. *Int J Oral Maxillofac Implants*, 2008;23:457.
14. Capello V, Gracis M, Lennox AM. Rabbit and rodent dentistry handbook. Zoological Ed. Network 2005:15. In Sunderland S. *The connective tissues of peripheral nerves*. Brain, 1965;88:841-854.
15. Geuna S, Raimondo S, Ronchi G, Di Scipio F, Tos P, Czaja K, Fornaro M. Histology of the peripheral nerve and changes occurring during nerve regeneration. *Int Rev Neurobiol*, 2009;87:27-46.

Daniel Chappard

GEROM Groupe d'Études Remodelage Osseux et bioMatériaux LabCom ANR NextBone,

IRIS-IBS Institut de biologie en santé, université d'Angers, 49933 Angers Cedex, France.

Courriel : daniel.chappard@univ-angers.fr